

利用半合成人工饲料饲养小菜蛾的研究*

莫美华¹ 庞雄飞²

(1 华南农业大学食品系微生物教研室, 广州, 510642; 2 华南农业大学昆虫生态研究室)

摘要 应用二次正交旋转回归组合设计方法, 筛选小菜蛾半合成人工饲料配方. 用筛选的优化配方饲养小菜蛾, 在温度 24~26℃, 相对湿度 60%~70% 的条件下, 幼虫历期 8.45 d, 化蛹概率 0.747, 羽化概率 0.949, 每头蛹重 5.14 mg, 雌虫产卵量 135.67 粒. 与自然饲料相比, 存活率和发育速度相似, 蛹重和产卵量增加.

关键词 小菜蛾; 人工饲料

中图分类号 S 436.341.24

小菜蛾 (*Plutella xylostella*) 是十字花科蔬菜的重要害虫. 随着小菜蛾对杀虫剂的抗性普遍而迅速地提高, 对小菜蛾的研究近来显得日益重要. 为了进行生理学、毒理学、病理学等方面的研究, 以及用于天敌的人工饲养, 必需经常提供大量发育整齐的供试活虫, 因此, 小菜蛾的人工大量繁殖方法急待解决. Biever (1971)、肖金华等 (1978) 和 Hou 等 (1986) 曾报道用半合成饲料饲养小菜蛾, 成分较复杂, 且需 2~3 d 更换饲料, 不宜大量养虫; 方菊莲等 (1988) 筛选出的 83-28 号饲料, 成分简化为 12 种, 饲养过程中不必更换饲料, 简化了育虫管理工作, 但用该饲料饲养的小菜蛾化蛹率仅为 54.10%. 本文参考小菜蛾的寄主植物的营养成分和前人的饲料配方, 采用二次正交旋转回归组合设计方法, 通过统计寻优, 力求找出化蛹率更高的优化配方, 再用该优化配方饲料饲养小菜蛾.

1 材料与方法

1.1 供试虫源

从田间采回蛹和成虫, 经室内用发芽菜苗饲养一代后, 采集成虫产卵作为试验虫源.

1.2 小菜蛾半合成人工饲料主要成分制备

菜叶粉: 于田间采集菜心叶片洗净, 晒干后置 60℃ 烘箱中烘烤, 干燥后用植物组织粉碎机磨成粉, 过 80 目筛, 装于广口瓶中备用.

麦芽粉: 市售麦粒发芽后, 60℃ 烘箱中烘烤, 干燥后用植物组织粉碎机磨成粉, 过 80 目筛, 装于广口瓶中备用.

韦氏盐 (mg): CaCO₃ 210; CuSO₄·5H₂O 0.39; Fe₃(PO₄)₂·H₂O 14.7; MnSO₄ 0.2; MgSO₄ 90; K₂AlSO₄·H₂O 0.09; KCl 120; KH₂PO₄ 310; KI 0.05; NaCl 105; NaF 0.57; Ca₃(PO₄)₂ 149 等混合研成粉末, 过 80 目筛, 装于广口瓶中备用.

维生素混合液 (mg): 烟酸 100; 泛酸钙 100; 核黄素 50; 盐酸硫胺素 25; 叶酸 25; 盐酸吡哆醇 25; 生物素 2; VB₁₂ 0.2; 蒸馏水 100 mL.

1998-07-21 收稿 莫美华, 女, 32, 讲师, 博士

* 广东省自然科学基金(980135)和高校博士点基金资助项目

防腐剂:尼泊金

1.3 饲料配制方法

(1) 蔗糖溶解于 20 mL 水中,再加入尼泊金、氯化胆碱、维生素混合液、氢氧化钾,充分搅拌使其溶解(各成分含量见表 1、表 2)。

表 1 供试的人工饲料的组分含量 (华南农业大学昆虫生态研究室,199510)

饲料成分	饲料 1	饲料 2	饲料 3	饲料 4	饲料成分	饲料 1	饲料 2	饲料 3	饲料 4
菜心叶粉/g	1.0	3.0	2.0	2.0	啤酒酵母粉/g	2.0	—	—	—
豆芽粉/g	3.0	—	—	—	韦氏混合盐/g	1.0	1.0	1.0	1.0
麦芽粉/g	—	3.0	3.0	3.0	山梨酸/g	0.14	—	0.14	—
干酪素/g	—	3.0	3.5	3.5	金霉素/g	—	—	—	0.015
蔗糖/g	3.0	3.5	3.5	3.5	尼泊金/g	—	0.15	—	0.15
藻粉/g	3.0	3.0	—	—	甲醛/g	—	—	—	0.05
滤纸粉/g	—	—	—	0.5	蒸馏水/mL	80	84	84	84
胆固醇/g	0.5	0.5	—	—	维生素混合液/mL	1.0	1.0	1.0	1.0
抗坏血酸/g	0.3	0.4	0.4	0.4	氯化胆碱 ¹⁾ /mL	1.0	1.0	1.0	0.1/g
琼脂/g	2.20	2.0	2.25	2.25	氢氧化钾 ²⁾ /mL	0.5	0.5	0.5	0.5

1) $\varphi = 10\%$; 2) $c = 4 \text{ mol/L}$

(2) 称取麦芽粉、干酪素、藻粉、胆固醇、韦氏混合盐,充分搅拌,倒入上述混合液中。

(3) 琼脂加入剩余的 64 mL 水中,煮熔,沸腾后倒入混合物中,充分搅拌,蒸 15 min,取出冷至 60 °C,加入抗坏血酸,拌匀,趁热分装于饲养器中(果冻杯),待其充分冷凝后置于冰箱内(4 °C)贮藏待用。

1.4 小菜蛾的饲养方法

(1) 幼虫. 饲养用的器皿为果冻杯 ($d = 2 \text{ cm}$, $h = 2.5 \text{ cm}$),杯口用保鲜膜封

口,用橡皮筋扎紧,保鲜膜上用昆虫针均匀扎孔,孔间距为 1 cm 左右,待器皿壁上和饲料表面的水汽消失后,接入经消毒的卵. 小杯接卵 10 粒,大杯接卵 100 粒,幼虫孵出后即取出着卵薄膜. 老熟幼虫在保鲜膜上或果冻杯壁上化蛹,及时收取。

(2) 成虫和集卵. 羽化的成虫放入养虫笼中(30 cm × 20 cm × 15 cm),笼中用图钉钉上蘸有 φ 为 10% 蔗糖液的棉球,在笼内挂一装有菜心叶片的薄膜袋,袋上插有小孔,让成虫在袋上产卵,每天更换薄膜袋以收集卵。

(3) 饲养条件. 在人工气候箱中饲养,温度为 24 ~ 26 °C,相对湿度 60% ~ 70%。

1.5 小菜蛾人工饲料初探

在 Biever(1971)配方的基础上,以麦芽粉代替麦胚并加入藻粉、胆固醇配成饲料,进行饲养

表 2 筛选的优化配方中各组分含量

(华南农业大学昆虫生态研究室,199602)

饲料成分	含量	饲料成分	含量
菜叶粉/g	5.0	抗坏血酸/g	0.4
麦芽粉/g	5.0	氯化胆碱 ¹⁾ /mL	1.0
干酪素/g	3.0	韦氏混合盐/g	1.0
蔗糖/g	3.5	氢氧化钾 ²⁾ /mL	0.5
藻粉/g	0.75	琼脂/g	2.0
胆固醇/g	0.5	尼泊金/g	0.15
维生素混合液/mL	1.0	蒸馏水/mL	84

1) $\varphi = 10\%$; 2) $c = 4 \text{ mol/L}$

试验.在方菊莲等(1988)的83-28号饲料配方的基础上,以豆芽粉代替豆粉,并加入藻粉配成饲料,进行饲养试验.各饲料成分如表1.

1.6 对人工饲料配方进行优化

在初步饲养试验取得成功,选择麦芽粉、干酪素、蔗糖、菜心叶粉、藻粉作为参试因子,利用二次正交旋转回归组合设计方法(徐中儒,1988)对小菜蛾半合成人工饲料配方进行了优化.优化配方中各组分的含量如表2.

2 结果

2.1 小菜蛾人工饲料初步饲养试验结果

小菜蛾人工饲料初饲结果如表3.从表3可看出在所试探的饲料配方中饲料1和饲料2取得了较好的结果,化蛹概率分别为0.600、0.737;羽化概率分别为0.833、0.605;饲料3和饲料4虽然能养活,但化蛹概率和羽化概率都较低,化蛹概率分别为0.414、0.481,羽化概率分别为0.391、0.320.因此,第二次设计的0水平,就以第一次结果的最好配方饲料2作为基础定出0水平.

表3 小菜蛾人工饲料初饲结果¹⁾ (华南农业大学昆虫生态研究室,199510)

饲料	幼虫历期/d	化蛹概率	$m_{\text{蛹重}}/\text{mg}$	羽化概率	产卵量/粒
饲料1	8.5	0.600	4	0.833	34.50
饲料2	8.0	0.737	5.05	0.605	55.85
饲料3	14.0	0.414	—	0.391	—
饲料4	13.4	0.481	—	0.320	—
CK	9.0	0.865	4.44	0.667	—

1) 饲养条件:温度24~26℃,相对湿度60%~70%.每饲料饲养30头,重复3次

2.2 优化配方饲养效果评价

用优化配方(见表2)饲料饲养小菜蛾的结果如表4.从表4可知,在温度24~26℃,相对湿度60%~70%的条件下,用M₂₂号配方饲料饲养小菜蛾,初孵幼虫至成虫的历期为12.95d(幼虫8.45d,蛹4.5d),化蛹概率为0.747,羽化概率为0.949.每头蛹重($m_{\text{蛹重}}$)平均5.14mg.成虫行为正常,雌虫平均寿命9.5d,雄虫13.5d.每雌虫平均产卵量135.67粒(85~173粒).对照的初孵幼虫至成虫的历期13.33d(幼虫8.83d,蛹4.5d),化蛹概率0.774,羽化概率0.938.每头蛹重平均达4.38mg.雌虫平均寿命9.0d,雄虫为16.5d.每雌产卵量108粒(64~130粒).从表中还可看出,饲料养的化蛹率、羽化率、幼虫历期、成虫寿命与菜苗养的在方差分析中差异不显著,蛹重和产卵量增加.

用优化配方饲料饲养的小菜蛾与发芽菜籽或其它半合成饲料饲养效果的比较,结果如表5.

M₂₂号饲料与发芽菜籽相比,所饲小菜蛾除羽化率、幼虫历期相接近外,蛹重、产卵量增加,雌成虫的历期延长,说明M₂₂号饲料的营养成分能满足小菜蛾发育的需要,并比发芽菜籽要好.

M₂₂号配方饲料与Biever(1971)和肖金华等(1978)的半合成饲料相比,饲料成分少,且在饲养过程中不必更换饲料和取出虫粪,简化了育虫管理工作,从饲养管理效果来看,该配方饲料所饲

幼虫发育历期较短,成虫寿命延长,这些都优于 Biever(1971)及肖金华等(1978)配方.该配方与方菊莲(1988)的 83-28 号配方相比,化蛹率高,历期短,这对小菜蛾的大量饲养更为有利.

表 4 优化配方(M₂₂)饲养小菜蛾的结果¹⁾ (华南农业大学昆虫生态研究室,199604)

饲料名称	幼虫历期/d	化蛹概率	m _{蛹重} /mg	羽化概率	雌虫产卵量/粒	成虫寿命/d
M ₂₂ 号配方	8.45a	0.747a	102.8a	0.949a	135.67a (85~173)	11.5a (♀9.5, ♂13.5)
对照	8.83a	0.774a	87.9b	0.938a	108b (64~130)	12.75a (♀9.0, ♂16.5)

1) 饲养条件:温度 24~26℃,相对湿度 60%~70%.每饲料饲养 300 头,重复 3 次;2) 同列内标相同字母者表示在方差分析中差异不显著($P > 0.05$),标不同字母者表示在方差分析中差异显著($P < 0.05$)

表 5 各种饲料饲养小菜蛾的生物学数据

饲料名称	幼虫历期 /d	化蛹 率/%	m _{蛹重} /mg	羽化 率/%	雌虫产卵量 /粒	成虫寿命 /d	饲养条件	
							t/℃	RH/%
M 22号配方 ²⁾	8.45	74.71	5.14	94.85	135.67	11.5(♀9.5, ♂13.5)	24~26	60~70
83-28号配方 ¹⁾	10.2	54.1	5.09	95.0	104	18.3(♀15.0, ♂21.5)	23±1	60~70
肖金华配方 ¹⁾	13.5	83.4	5.2	58.0	126~151	9.5	24~26	70
Biever 配方 ¹⁾	14.0	70.0	—	—	139	8.0	23	60
发芽菜籽 ¹⁾	8.9	85.4	4.35	97.0	103	13.8(♀8.1, ♂19.5)	24~26	70以下

1) 引自方菊莲(1988); 2) 自配,饲养 300 头,重复 3 次

3 讨论与结论

昆虫人工饲料的营养组成有两层含义:第一,要包含昆虫生长发育所需的所有营养成分;第二,各营养成分不但要有足够的量,而且还要有适当的比例(王延年,1990).大量的研究表明昆虫营养质方面的需要大致相同,在饲料的研制中,使饲料具备这些成分并不难,要满足昆虫营养在量方面的需要则很不容易.饲养工作者有一个共同的经验,即在饲料中普遍增加各种营养成分的含量,并不能获得良好的结果.本实验结果就证实了这一点.

以往昆虫人工饲料研制的过程多为带有经验性的筛选.本试验在前人经验配方的基础上,结合前一部分小菜蛾人工饲料的初步研究,以二次正交旋转回归组合设计来确定人工饲料组分的配比对小菜蛾幼虫生长的影响,获得了较满意的结果.该设计具有规范化的设计方案和标准化的计算方法.并能建立研究对象与各种作用因子相互关系的数学模型.回归设计将回归分析法与正交试验法的优点有机地结合起来.一方面选择较少的适当的试验点;另一方面,应用最小二乘法原理,通过实测的数据求出各因子与指标之间的回归方程式,并且各回归系数之间彼此是不相关的,从而明显地简化了求回归系数的计算.这一设计方法在昆虫人工饲料研究上具有重要的意义.

通过主因子效应分析和频次分析,可以构建小菜蛾人工饲料的最佳配比范围,因此,在一定的置信区间内可以组建人工饲料的优化配方,如再结合考虑实际饲养过程中的其它因素,如

饲料组分的价格、加工配制过程的工厂化等问题,则有希望更好地以人工饲料大量繁殖小菜蛾。

通过检验筛选出来的小菜蛾半合成饲料 M₂₂号优化配方,简便而实用,饲养效率高,饲养的小菜蛾的化蛹率、羽化率、幼虫历期、成虫寿命与菜苗养的在方差分析中差异不显著,蛹重和产卵量增加,这为工厂化生产小菜蛾提供了可能。用该配方配制的半合成饲料,小菜蛾幼虫趋食性好,群体生长整齐,发育良好,成虫行为正常,用于饲养小菜蛾是有利的。如能使养虫室的湿度得到控制(恒湿),小菜蛾的饲养率可望进一步提高。

参 考 文 献

- 王延年.1993. 饲养昆虫的方法和技术. 见:汪世泽主编. 昆虫研究法. 北京:农业出版社,160~202
- 方菊莲,夏大荣,杨荣新.1988. 小菜蛾半合成人工饲料研究. 植物保护学报,15(3):167~171
- 徐中儒.1988. 农业试验最优回归设计. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,131~203
- Biever K D, Boldt P E. 1971. Continuous laboratory rearing of the diamondback moth and related biological data. Ann Entomol Soc Amer, 64:651~655
- Hou R F, Hsiao M L. 1986. An improved diet for rearing the diamondback moth (*Plutella xylostella*), and its requirements for fatty acids. Chinese J of Entomology, 8(11): 31~37
- Hsiao M L, Hou R F. 1978. Artificial rearing of the diamondback moth (*Plutella xylostella*) on a semi-synthetic diet. Bull Inst Zool Acad Sin, 17: 97~102

Rearing *Plutella xylostella* on Semi-Synthetic Diets

Mo Meihua¹ Pang Xiongfei²

(1 Dept. of Food Science, South China Agric. Univ., Guangzhou, 510642;

2 Lab. of Insect Ecology, South China Agric. Univ.)

Abstract The rotational combination design was introduced to determine the effects and interactions of main medium compositions (wheat sprout powder, sucrose, leave powder, casein, algae powder) of the semi-synthetic diet of the diamondback moth (DBM), and an optimum combinations of medium components of the diet was selected for rearing the diamondback moth. The result showed that: under 24~26 °C and 60%~70% R. H., the developmental duration from the larva to the adult stage was 12.95 days (larva: 8.45 days; pupa: 4.5 days); the rate of pupation was 0.747; pupae weight was 102.8 mg (20 pupae); adult emergence was 0.949; adult behavior was normal; the average longevity of the female adult was 9.5 days, and the females fed on the diet laid an average of 135.67 eggs. The cost of this diet is lower. The method of preparation and application is easy to use. Compared with the control (CK) that DBM fed on seedlings of rape, the rate of pupation, the developmental duration of the larva, the emergence and the longevity of the adult were not different significantly, but the pupa weight and the average eggs laid by females increased.

Key words diamondback moth (DBM) (*Plutella xylostella*); semi-synthetic diet

【责任编辑 张 砾】